Научная статья
УДК 582.475(477.75)
DOI: 10.37482/0536-1036-2026-5-60-73

Плотность распределения и биоморфологические характеристики подроста *Pinus sylvestris* L. на яйлах Крыма

В.П. Коба*[1]✉*, д-р биол. наук, проф., зав. лаб.; ResearcherID: AHH-4819-2022,
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-2144-0836
И.А. Крестьянишин*[2]*, зав. отд.; ResearcherID: AIC-4574-2022,
ORCID: https://orcid.org/0000-0003-2606-2317
[1]Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН, г. Ялта, Республика Крым, Россия; kobavp@mail.ru✉
[2]Министерство экологии и природных ресурсов Республики Крым, г. Симферополь, Республика Крым, Россия; krest.igor@mail.ru

Поступила в редакцию 28.05.25 / Одобрена после рецензирования 03.08.25 / Принята к печати 08.08.25

Аннотация. Исследование проводили на территории наиболее крупных яйл Крыма. Целью являлось дать характеристику процессов семенного возобновления *Pinus sylvestris* на крымских яйлах. С использованием маршрутного способа выявляли участки с наличием подроста *P. sylvestris*. Устанавливали плотность его распределения на пробных площадях размером 10×10 м, заложенных от стены искусственных насаждений *P. sylvestris* с интервалом 20 м. Применяя методы лесоведения и полевой геоботаники, изучали биометрические и возрастные показатели, оценивали качество самосева. В результате выявлены существенные различия встречаемости и биоморфологических характеристик подроста на крымских яйлах. Наиболее высокий коэффициент вариации отмечается для частоты встречаемости подроста – 52,3 %, что говорит о значительной неравномерности его территориального распределения. На Бабуган-яйле возрастная структура представлена 2 группами: 6- и 7-летним подростом. Для Никитской яйлы выделено 3 возрастные группы, более молодые 5-летние растения преобладают в возрастной структуре. Установлено, что вероятность реализации самосева *P. sylvestris* в условиях Никитской яйлы на 30 % выше в сравнении с Бабуган-яйлой. Температурный режим является наиболее важным фактором, лимитирующим рост и развитие сеянцев в экотопах крымских яйл. На Никитской яйле повышенная плотность самосева наблюдалась на расстоянии 100 м в юго-восточном направлении от стены искусственных насаждений *P. sylvestris.* В условиях Бабуган-яйлы максимум данного показателя отмечался на удаленности 300 м в северо-восточном направлении от стены насаждений. По возрастным характеристикам и плотности распределения естественное возобновление *P. sylvestris* на Никитской яйле и Бабуган-яйле на отдельных участках оценивается как благонадежное.

Ключевые слова: горный Крым, яйла, *Pinus sylvestris*, сосна обыкновенная, искусственные насаждения, естественное возобновление, подрост, плотность распределения, биометрические характеристики подроста, Республика Крым

Для цитирования: Коба В.П., Крестьянишин И.А. Плотность распределения и биоморфологические характеристики подроста *Pinus sylvestris* L. на яйлах Крыма // Изв. вузов. Лесн. журн. 2026. № 5. С. 60–73. https://doi.org/10.37482/0536-1036-2026-5-60-73

© Коба В.П., Крестьянишин И.А., 2026
Статья опубликована в открытом доступе и распространяется на условиях лицензии CC BY 4.0

Original article

Distribution Density and Biomorphological Features of *Pinus sylvestris* L. Undergrowth on the Crimean Yaylaks

Vladimir P. Koba[1]✉, *Doctor of Biology, Prof., Head of Laboratory;*
ResearcherID: AHH-4819-2022, ORCID: https://orcid.org/0000-0002-2144-0836
Igor A. Krestianishin[2], *Head of Department;* ResearcherID: AIC-4574-2022,
ORCID: https://orcid.org/0000-0003-2606-2317
[1]Nikitsky Botanical Garden – National Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, Yalta, Republic of Crimea, Russia; kobavp@mail.ru✉
[2]Ministry of Ecology and Natural Resources of the Republic of Crimea, Simferopol, Republic of Crimea, Russia; krest.igor@mail.ru

Received on May 28, 2025 / Approved after reviewing on August 3, 2025 / Accepted on August 8, 2025

Abstract. The research was carried out on the largest yaylaks of Crimea. The work aimed at defining the seed regeneration patterns of *Pinus sylvestris* on the Crimean yaylaks. Areas containing *P. sylvestris* undergrowth were found using transect surveys. The undergrowth distribution density was determined in 10×10 m sample plots laid out with 20 m intervals from the edge of artificial *P. sylvestris* stands. We studied the biometric and age-specific parameters, and assessed the quality of self-seeding using the forestry and field geobotany methods. As a result, significant differences were found in the occurrence and biomorphological parameters of undergrowth on the Crimean yaylaks. The highest variation coefficient is observed for the frequency of undergrowth occurrence – 52.3 %, which indicates significant unevenness in its spatial distribution. On the Babugan yaylak, the age structure is represented by two groups: 6- and 7-year-old undergrowth. Three age groups have been found on the Nikitskaya yaylak; younger, 5-year-old plants predominate in the age structure. It has been found that the probability of *P. sylvestris* self-seeding in the conditions of the Nikitskaya yaylak is 30 % higher compared to the Babugan yaylak. The temperature regime is the most important factor controlling the growth and development of seedlings in the ecotopes of the Crimean yaylaks. An increased density of self-seeding was observed at a distance of 100 m southeast from the edge of artificially planted *P. sylvestris* on the Nikitskaya yaylak. The maximum value of this parameter on the Babugan yaylak was observed at a distance of 300 m northeast from the stand edge. Natural regeneration of P. *sylvestris* on the Nikitskaya and Babugan yaylaks is assessed in certain areas as promising based on age characteristics and distribution density.

Keywords: Crimea Mountains, yaylaks, *Pinus sylvestris*, Scots pine, artificial stands, natural regeneration, undergrowth, distribution density, undergrowth biometric parameters, Republic of Crimea

For citation: Koba V.P., Krestianishin I.A. Distribution Density and Biomorphological Features of *Pinus sylvestris* L. Undergrowth on the Crimean Yaylaks. *Lesnoy Zhurnal* = Russian Forestry Journal, 2026, no. 5, pp. 60–73. (In Russ.). https://doi.org/10.37482/0536-1036-2026-5-60-73

Введение

Крымские горы, протянувшиеся от г. Балаклавы до г. Феодосии на 150 км при ширине до 50 км, расчленены на 3 параллельных гряды, повышающиеся

This is an open access article distributed under the CC BY 4.0 license

с севера на юг. Наиболее высокая Главная гряда с юга имеет отвесные обрывы, состоит из ряда массивов – яйл, которые являются реликтами пенепленизированной древней суши. Леса в горном Крыму имеют большое водоохранное, почвозащитное и рекреационное значение, формирование лесных насаждений на яйле является одной из важных задач в рамках достижения улучшения водного баланса региона, увеличения объема стока рек, берущих начало в горной местности полуострова [13]. Нерациональная хозяйственная деятельность в прошлом способствовала деградации и полному исчезновению лесных сообществ горного Крыма.

В последние десятилетия на развитие лесных сообществ значительное влияние оказывает глобальное изменение природной среды, в наибольшей степени проявляющееся в повышении температуры воздуха и техногенном загрязнении [22, 23, 25]. В связи с этим во многих странах обострилась проблема сохранения и поддержания устойчивости хвойных насаждений, которые на фоне уменьшения влагообеспеченности снижают толерантность к действию поллютантов, что определяет негативные тенденции трансформации их структуры и состава [24, 27, 30, 31]. Эти проблемы характерны и для лесных ценозов Крыма.

В настоящее время преобладающей растительностью крымских яйл являются степные и луговые ценозы, лесные насаждения занимают 10 % площади нагорий [2]. Первые посадки лесных культур были проведены на западных и центральных яйлах в 1909 г. [1, 8, 19]. Аналитическая и информационная базы специфики закладки и состояния лесных культур во 2-й половине XX столетия на яйлах крайне ограничены, архивные материалы – это в основном отчеты о лесокультурных работах Алуштинского лесхоза, Ливадийского лесничества и Алуштинской горно-лесной опытной станции. Первые записи о посадках лесных культур на яйлах сделаны для Ливадийского лесничества в 1958 г. и для Алуштинской горно-лесной станции в 1959 г. Наиболее масштабные работы по искусственному лесоразведению на Крымских яйлах начали осуществлять во 2-й половине прошлого столетия. В большинстве случаев лесохозяйственные предприятия Крыма при создании лесных культур использовали саженцы *Pinus sylvestris*. Поэтому в настоящее время бóльшая часть лесопокрытой площади на крымских яйлах представляет собой искусственные насаждения *P. sylvestris*.

Сегодня важное значение приобретают исследования, связанные с изучением процессов семенного возобновления от стены 50–60-летних лесных культур *P. sylvestris*, достигших репродуктивного возраста. Такие научные изыскания позволяют оценить экологические условия, обеспечивающие возможность лесовозобновления на яйлах, и прогнозировать вероятные этапы формирования лесной растительности в степных и луговых ценозах верхнего пояса Крымских гор.

Целью исследования стало на основе изучения биометрических показателей, возрастной структуры и плотности распределения подроста *P. sylvestris* дать характеристику процессов семенного возобновления этого вида на крымских яйлах.

Объекты и методы исследования

Исследование проводили на территории наиболее крупных яйл Крыма, которые простираются в верхней части Главной гряды Крымских гор, форми-

руя цепь обособленных плато с юго-запада на северо-восток: Ай-Петринской (высота до 1320 м над ур. м.), Ялтинской (до 1400 м над ур. м.), Никитской (до 1470 м н. у. м.), Гурзуфской яйл (до 1540 м над ур. м.), Бабуган-яйлы с высшей точкой Крыма горой Роман-Кош – 1545 м над ур. м., Терке-яйлы (до 1280 м над ур. м.) (рис. 1).

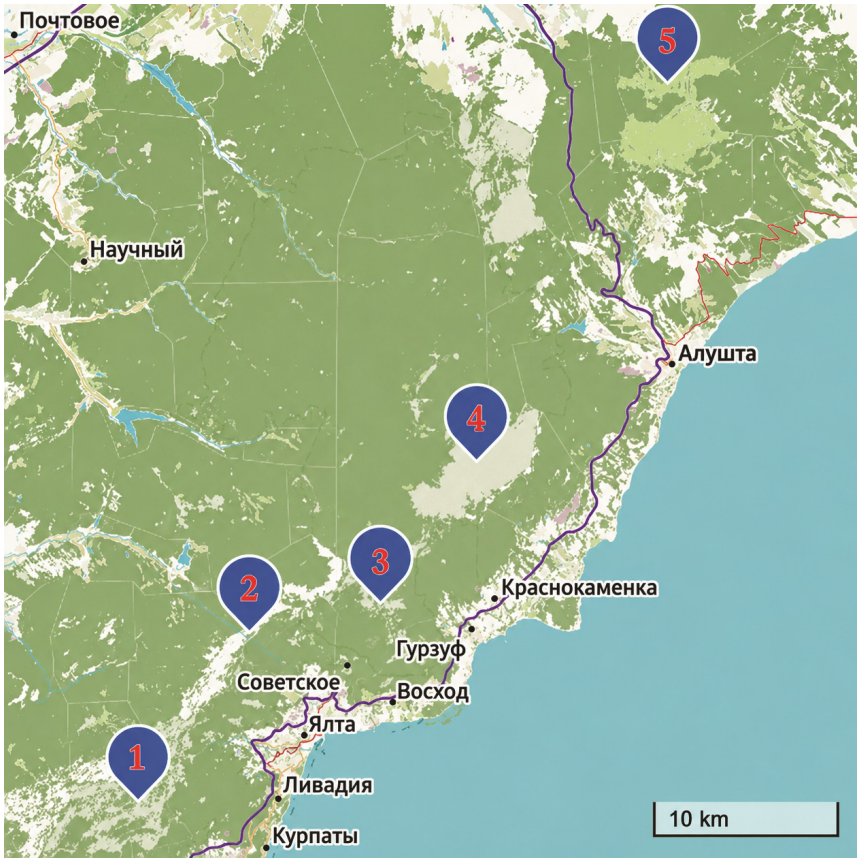


Рис. 1. Карта-схема расположения яйл в горном Крыму, места закладки пробных площадей: 1 – Ай-Петринской; 2 – Ялтинской; 3 – Никитской; 4 – Бабуган; 5 – Тырке

Fig. 1. Schematic map showing the distribution of the Crimean yaylaks and the test plots locations: 1 – Ai-Petri; 2 – Yalta; 3 – Nikitskaya; 4 – Babugan; 5 – Tyrke

С использованием маршрутного способа выявляли участки с наличием подроста *P. sylvestris*, оценивали специфику его территориального распределения. Анализировали дальность ветрового распространения семян, определяли плотность расположения подроста на пробных площадях размером 10×10 м, заложенных от стены искусственных насаждений *P. sylvestris* в количестве 15 шт. по трансекте с интервалом 20 м. Общее количество пробных площадей составило 75 шт. С использованием методов лесной таксации проводили оценку изучаемых искусственных древостоев *P. sylvestris*, они имели близкие таксационные показатели: возраст 60–70 лет, высоту 5–6 м, средний диаметр 20–24 см, бонитет – IV–V [11]. Применяя методы лесоведения и полевой геоботаники, анализировали биометрические показатели и жизненное состояние подроста на

пробных площадях. Возрастные характеристики оценивали посредством подсчета мутовок на стволе подроста, добавляя 2 года, с учетом ювенильного этапа его развития [4, 12, 20]. С использованием данных метеорологической станции Ай-Петри анализировали влияние погодных условий на процессы естественного возобновления *P. sylvestris* на яйле. Количественные результаты исследования обрабатывали методами биометрии [5].

Результаты исследования и их обсуждение

На пологих склонах Крымских яйл южной, восточной и западной экспозиций наиболее распространены осоковые (*Carex humilis*) луговые степи. В их травостое эдификатор в разных ассоциациях имеет проективное покрытие от 40 до 70 %, обильны виды, обычные в луговых степях Крыма: типчак скальный *Festuca rupicola*, лабазник обыкновенный *Filipendula vulgaris*, солнцецвет Стевена *Helianthemum stevenii*, живучка восточная *Ajuga orientalis*, ясколка Биберштейна *Cerastium biebersteinii*, желтушник щитовидный *Acachmena cuspidata*, подмаренник настоящий *Galium verum*, истод большой *Polygala major*, дубровник обыкновенный *Teucrium chamaedrys*, коротконожка перистая *Brachypodium pinnatum*, люцерна серповидная *Medicago falcata*, герань кроваво-красная *Geranium sanguineum*, лапчатка лежачая *Potentilla depressa*, ясменник каспийский *Asperula caespitans*, подмаренник настоящий *Galium verum* и др. В пониженных участках рельефа, а также по северным склонам распространены остепненные луга. В их составе преобладают: коротконожка перистая, лисохвост влагалищный *Alopecurus vaginatus*, овсяница луговая *Festuca pratensis*, тимьяны Кальера *Thymus callieri* и крымский *T. tauricus*, солнцецвет Стевена, пырей щетинистый *Elytrigia strigos.*

Лесные насаждения на яйлах Крыма формируются в жестких климатических и эдафических условиях. Контраст температурного режима и значительное количество осадков способствуют накоплению в зимне-весенний период на кронах деревьев больших объемов слежавшегося снега, это оказывает влияние на формирование габитуса, часто вызывает повреждение веток и верхушки. На рост деревьев активно влияет ветер, который на яйле достигает скорости 40 м/с. На яйлах Крыма преобладают горно-лесные, горно-луговые почвы (Phaeozems) [3, 10]. Невысокое плодородие и незначительная мощность почвы также снижают возможности успешного развития древесных растений в экотопах яйлы. Лесорастительные условия на большей части территории лесных культур *P. sylvestris* крымских яйл характеризуются как сухой сугруд (тип леса C_1-С). Все это способствует формированию низкорослых насаждений *P. sylvestris* с невысокими таксационными показателями (рис. 2).

Семенная продуктивность искусственных насаждений *P. sylvestris* на Крымских яйлах небольшая. По 6-балльной шкале В.Г. Каппера [16] урожай семян *P. sylvestris* на Крымских яйлах варьирует в пределах 1−2 баллов. Количество семян в шишке проявляет уровень изменчивости до 28,3 %, при этом среднее число семян для шишек лесных культур *P. sylvestris* на яйлах имеет небольшой разброс и равняется 50−60 шт. Жизнеспособность семян отдельных деревьев *P. sylvestris* характеризуется существенными различиями, изменяясь от 30 до 70 % [7].



Рис. 2. Древостои *P. sylvestris* на Никитской яйле
Fig. 2. *P. sylvestris* stands on the Nikitskaya yaylak

Реализация семенного возобновления является одним из важнейших показателей возможностей существования и адаптации вида в тех или иных условиях эдафотопа. Глазомерная оценка интенсивности семенного возобновления показала, что самосев *P. sylvestris* встречается на яйлах редко, хотя на отдельных участках его присутствие в структуре растительных сообществ было заметным. Для более точной характеристики встречаемости сеянцев, а также оценки их биоморфологических признаков были исследованы качественные и количественные показатели самосева *P. sylvestris* в экотопах яйл. Анализ результатов учета показал, что в условиях Ай-Петринской, Ялтинской яйл и Терке-яйлы самосев сосны обыкновенной встречается крайне редко. Основным фактором, ограничивающим возможность реализации семенного возобновления на этих территориях, является мощное развитие травостоя, интенсивное задернение, что затрудняет успешное прорастание семян и формирование корней на ювенильном этапе развития сеянцев.

На Никитской яйле и Бабуган-яйле подрост *P. sylvestris* встречался часто, что позволило провести его статистический учет: оценить плотность распределения и биоморфологические характеристики (табл. 1). Средняя плотность распределения подроста на Никитской яйле составила 0,70±0,07 шт./м, средний возраст – 5,80±0,09 лет, средний диаметр – 0,89±0,03 см, средняя высота – 24,7±0,9 см. Наибольший коэффициент вариации отмечается для частоты встречаемости подроста – 52,3 %, что характеризует значительную неравномерность его территориального распределения. Очевидно, это связано с высокой дисперсией микроусловий, обеспечивающих рост и развитие подроста.

Таблица 1

Плотность распределения и биоморфологические характеристики подроста *P. sylvestris* на Никитской яйле и Бабуган-яйле
Distribution Density and Biomorphological Parameters of *P. sylvestris* Undergrowth on the Babugan Yaylak

Показатель	Никитская		Бабуган	
	M±s	V, %	M±s	V, %
Плотность распределения, шт./м²	0,70±0,07	52,3	0,60±0,07	59,5
Возраст, лет	5,80±0,09	13,6	6,60±0,07	7,6
Диаметр, см	0,89±0,03	26,7	0,95±0,02	16,9
Высота, см	24,70±0,90	28,8	28,40±0,40	11,7

На яйле в начале весны, в период прорастания семян, наблюдается значительный контраст метеорологических условий, прежде всего, температурного и инсоляционного режимов. Большой перепад дневных и ночных температур, частые заморозки на поверхности почвы, которые отмечаются даже в начале лета, негативно влияют на прорастание семян и дальнейшее развитие сеянцев. Динамика средних минимальных и максимальных температур первой декады мая за 25 лет, с 2000 по 2024 гг. (рис. 3), свидетельствует о том, что в период формирования молодых сеянцев в условиях яйлы ночные температуры могут опускаться до –4 °С (2008 г.), а в дневное время достигать 27 °С (2004 г.). Это позволяет характеризовать температурный режим как наиболее важный фактор, лимитирующий процессы роста и развития сеянцев в экотопах крымских яйл.

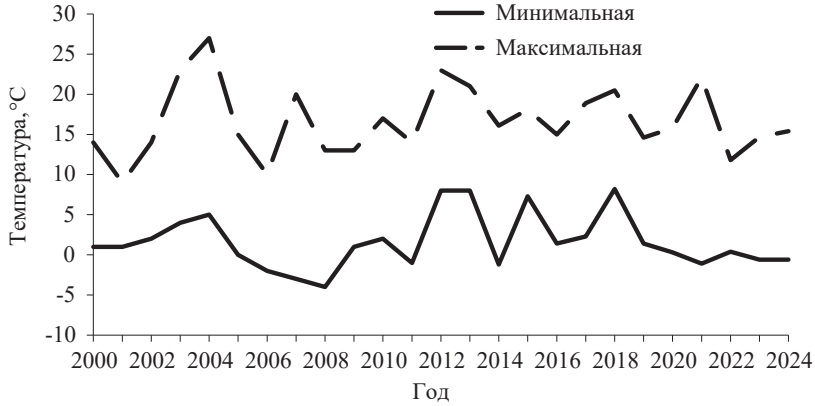


Рис. 3. Средние минимальные и максимальные температуры воздуха в I декаде мая (данные Ай-Петринской метеостанции)

Fig. 3. Average minimum and maximum air temperatures in the first ten days of May (data from the Ai-Petri meteorological station)

В этих условиях важное значение для реализации самосева имеет специфика нанорельефа и вертикальной структуры микростаций. Снижение температурных перепадов и потеря влаги в результате действия прямой солнечной радиации в той или иной степени обеспечивают углубления и выступы на поверхности почвы. В условиях травянистого сообщества особенно важно место фиксации в вертикальном профиле микростации выпавших из шишек семян.

Глубина их залегания в высохшем травостое предыдущего периода вегетации должна быть достаточной, чтобы снизить отрицательное действие абиотических факторов внешней среды и в то же время обеспечить необходимый световой режим при формировании ювенильной хвои сеянцев [26, 29].

В данный период существенное значение имеет также интенсивность роста корней молодых растений, их закрепление в почвенном субстрате. Большая плотность переплетения корней в травянистых сообществах на яйлах является одним из главных негативных факторов, ограничивающих возможность развития корневой системы самосева. В тех местах микростации, где плотность сплетения корней травянистых растений меньше, улучшается возможность проникновения корней сеянцев в верхние слои почвы. В целом реализация самосева в условиях яйлы во многом связана с сочетанием различных благоприятных факторов, которые обеспечивают изначальные возможности его роста и развития. Уровень встречаемости подроста в экотопах яйлы свидетельствует о том, что вероятность такого сочетания невысока.

На Бабуган-яйле средняя плотность распределения подроста составила 0,60±0,07 шт./м, средний возраст – 6,60±0,07 лет, средний диаметр – 0,95±0,02 см, средняя высота – 28,4±0,4 см. Более низкая встречаемость самосева на Бабуган-яйле, очевидно, связана с худшими условиями произрастания. Об этом свидетельствует и распределение подроста по возрасту (рис. 4). На Бабуган-яйле возрастная структура представлена в основном 2 группами: 45,8 % 6-летнего подроста и 54,2 % 7-летнего. На Никитской яйле было выделено 3 возрастные группы, причем более молодые 5-летние растения преобладали в возрастной структуре, их относительное количество составило 45,7 %. Если сравнивать возможности роста и развития подроста на изучаемых яйлах по числу возрастных групп, то можно предположить, что вероятность реализации самосева *P. sylvestris* в условиях Никитской яйлы на 30 % выше в сравнении с Бабуган-яйлой.

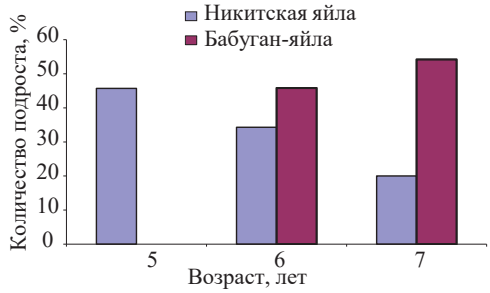


Рис. 4. Возрастная структура подроста *P. sylvestris* на яйлах

Fig. 4. Age structure of *P. sylvestris* undergrowth on the yaylaks

Начало роста 5-, 6- и 7-летнего подроста приходилось соответственно на 2010, 2009 и 2008 гг. В эти годы наблюдались большие различия количества выпавших осадков в теплый (апрель–октябрь) и наиболее засушливый (июнь–август) периоды года (рис. 5). В 2008 г. за апрель–октябрь выпало 265 мм осадков, за июнь–август – 95 мм, в 2009 и 2010 гг. эти показатели были соответственно 211 и 85, 491 и 167 мм. В условиях Никитской яйлы уровень атмосферных осадков оказывает влияние на выживание самосева, в 2010 г., который характеризовался относительно высокой суммой осадков, отмечено повышенное количество реализовавшихся сеянцев. На Бабуган-яйле атмосферные осадки в меньшей степени влияют на рост и развитие подроста. Это может быть связано с тем, что

в высокогорье на участках травянистой растительности существенное значение в общем балансе увлажнения приобретает выпадающая роса [9, 14, 15].

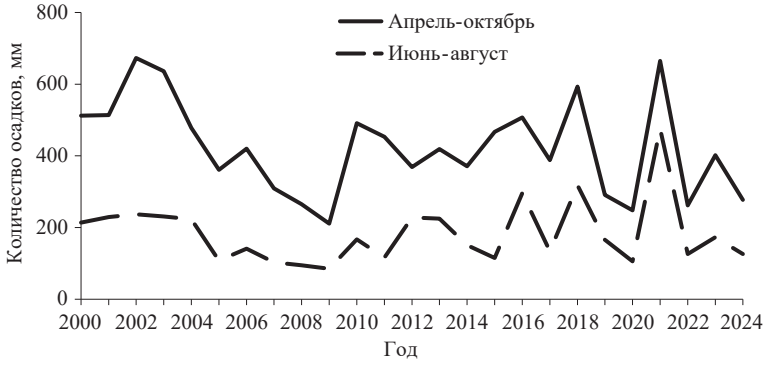


Рис. 5. Количество осадков на яйле за вегетационный и летний периоды (данные Ай-Петринской метеостанции)

Fig. 5. Precipitation on the yaylak during the growing season and summer (data from the Ai-Petri meteorological station)

В характере распределения подроста по высоте также наблюдаются заметные различия (рис. 6). На Бабуган-яйле распределение приближается к нормальному с отрицательной асимметрией, что, очевидно, связано с преобладанием в выборке более взрослых растений (7-летних). В условиях Никитской яйлы кривая распределения подроста по высоте характеризуется 2 вершинами и, таким образом, не отвечает закону нормального распределения [5]. Снижение представленности центральных групп (18 и 22 см) и формирование в выборке 2 нормальных распределений может быть связано с повреждением верхушечных побегов самосева. Очевидно, причина данного явления состоит в том, что Никитская яйла, по свидетельству лесной охраны национального парка «Крымский», более посещаема копытными животными (олени, косули), которые в весенний период активно объедают молодые растения сосны. Подобные явления отмечены и в работах некоторых исследователей, которые указывают, что травоядные животные влияют на интенсивность и качество семенного возобновления лесных насаждений [17, 18, 21, 28]. По нашим данным, в результате объедания молодой хвои происходит уменьшение испаряющей ассимиляционной поверхности, что в засушливые годы повышает возможности выживания подроста сосны [6]. В целом меньшая повреждаемость подроста *P. sylvestris* травоядными животными на Бабуган-яйле оказала заметное влияние на увеличение его средней высоты.

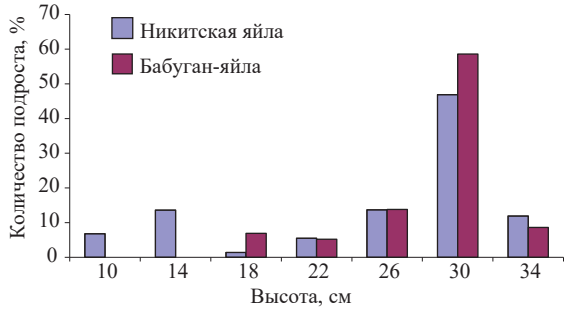


Рис. 6. Распределение подроста *P. sylvestris* по высоте

Fig. 6. Distribution of *P. sylvestris* undergrowth by height

На возможности семенного возобновления древесных растений, семена которых имеют крылатки, оказывает воздействие динамика ветрового режима в период лета семян. Для яйлы этот фактор особо важен, т. к. здесь практически круглый год отмечается ветреная погода. В табл. 2 приведены данные Ай-Петринской метеорологической станции, характеризующие ветровой режим 3 месяцев: февраля, марта, апреля – периода наиболее вероятного вылета семян в искусственных насаждениях *P. sylvestris* на Крымских яйлах.

Таблица 2

Направление и скорость (м/с) преобладающих ветров на Крымской яйле в 2006–2009 гг.
Speed and Direction of Prevailing Winds on the Crimean Yaylak in 2006–2009

Месяц	Декада	2006		2007		2008		2009	
		Направление	Скорость	Направление	Скорость	Направление	Скорость	Направление	Скорость
Февраль	1	СВ	10	С	14	СВ	13	СЗ	14
	2	С	20	С	11	С	24	ЮВ	20
	3	СВ	10	СВ	22	СВ	19	СВ	12
	Среднее		13	16		19		15	
Март	1	С	24	С	23	С	28	С	19
	2	С	9	СВ	24	С	30	С	28
	3	СЗ	20	С	34	С	23	СЗ	23
	Среднее		18	27		27		23	
Апрель	1	ЮВ	10	Ю	24	С	16	ЮВ	21
	2	В	20	ЮВ	20	СВ	14	Ю	16
	3	В	10	ЮВ	20	С	19	СЗ	16
	Среднее		15	21		16		18	

В ретроспективном масштабе анализировали ветровой режим в годы начала роста самосева. Общая оценка интенсивности движения воздушных масс показывает, что наиболее сильные ветры наблюдаются в марте. Подекадные средние значения в период с 2006 по 2009 гг. изменялись от 18 до 27 м/с. Общая средняя скорость ветра в этот месяц за анализируемый период составила 23,8±1,8 м/с. Для февраля она равнялась 15,8±1,4 м/с, для апреля – 17,2±1,3 м/с. Наряду с высокой скоростью, в марте также отмечается наиболее устойчивый характер движения воздушных масс, в основном преобладают ветры северного направления. Сильный ветер способствует не только дальнему разлету семян, но и активному иссушению тканей шишек, что ускоряет их растрескивание и высыпание семян. Механическое раскачивание веток также повышает интенсивность вылета семян. Поэтому с наибольшей вероятностью вылет и распространение семян *P. sylvestris* на яйлах происходят в марте.

На Никитской яйле наибольшая плотность распространения самосева наблюдалась от стены искусственных насаждений *P. sylvestris* в юго-восточном направлении на расстоянии 100 м. В условиях Бабуган-яйлы плотность подроста повышалась от стены насаждений на расстоянии 300 м в северо-восточном направлении. Столь значительные различия в дальности разлета семян на изучаемых яйлах могут быть связаны не только со спецификой ветрового режима в период их вылета, но и с особенностями рельефа. На Бабуган-яйле склоны бо-

лее крутые, что способствует увеличению продолжительности падения семян, переносимых ветром, и, как следствие, дальности их распространения. Учитывая данные характеристики, мероприятия по содействию естественному возобновлению *P. sylvestris* (скашивание травы, рыхление верхнего слоя почвы и т. д.) на Никисткой яйле следует проводить не дальше 100 м, на Бабуган-яйле – не дальше 300 м от стены насаждений.

В настоящее время для оценки качества и интенсивности лесовозобновления используются различные шкалы. Для нашего исследования в наибольшей степени подходит шкала, предложенная профессором В.Г. Нестеровым (1954), которая позволяет дать оценку процессам возобновления в зависимости от плотности распределения и возраста подроста [12]. При пересчете данных табл. 1 на 1 га получим плотность распределения подроста на Никитской яйле 7 тыс. шт./га, на Бабуган-яйле – 6 тыс. шт./га. С учетом среднего возраста подроста по шкале В.Г. Нестерова уровень естественного возобновления на отдельных участках яйл следует оценить как благонадежный.

К сожалению, еще не разработана адекватная шкала оценки семенного возобновления лесных биоценозов горной местности, которая бы учитывала не только количественные показатели состояния подроста на первых этапах его развития, но и прогнозировала бы возможности его дальнейшего роста в экотопах горных ландшафтов, отличающихся от равнинных более высоким разнообразием условий произрастания. Оценка качества подроста даже с использованием наиболее широко применяемой в лесоводстве шкалы В.Г. Нестерова в условиях горных территорий не в полной мере отражает перспективы его реализации в качестве полноценного древостоя. Для высокогорных участков, к которым относятся Крымские яйлы, эта проблема наиболее актуальна.

Заключение

Выявлены существенные различия встречаемости и биоморфологических показателей подроста на крымских яйлах. Плотность естественного возобновления характеризуется значительной неравномерностью. На Никитской яйле самосев *P. sylvestris* наиболее часто наблюдался на расстоянии 100 м в юго-восточном направлении от стены искусственных насаждений. В условиях Бабуган-яйлы данный показатель максимален на удаленности 300 м в северо-восточном направлении. На Бабуган-яйле возрастная структура представлена 2 группами: 6- и 7-летний подрост. На Никитской яйле выделено 3 возрастные группы, 5-летние растения преобладали в возрастной структуре. Установлено, что вероятность реализации самосева *P. sylvestris* в условиях Никитской яйлы выше в сравнении с Бабуган-яйлой.

На возможности семенного возобновления *P. sylvestris* в условиях яйлы значительное влияние оказывает ветровой режим в период лета семян. Температурный режим является важным фактором, лимитирующим развитие сеянцев *P. sylvestris* в экотопах крымских яйл. В этой ситуации эффективность реализации самосева в значительной степени определяется спецификой нанорельефа микростаций. По характеристике возраста и плотности распределения естественное возобновление *P. sylvestris* на отдельных участках Никитской яйлы и Бабуган-яйлы на первых этапах онтогенеза проходит сравнительно успеш-

но. При прогнозировании перспективы реализации семенного возобновления *P. sylvestris* в биоценозах яйлы необходимо учитывать не только количественные показатели состояния подроста на первых этапах развития, но и возможности его эффективного роста в экотопах горных ландшафтов, отличающихся от равнинных высоким разнообразием и контрастом условий произрастания. Мероприятия по содействию естественному возобновлению *P. sylvestris* на яйлах следует проводить в пределах дальности разлета семян от границы ее насаждений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. *Алябьев М.Н.* Лесомелиорация Крымских яйл // Сборник работ по лесоводству и охотоведению. Симферополь: Крымиздат, 1963. Вып. 7. С. 37–41.

Alyab'ev M.N. Forest Reclamation of the Crimean Yayla. *Collection of Papers on Forestry and Hunting Science*. Simferopol, Krymizdat Publ., 1963, iss. 7, pp. 37–41. (In Russ.).

2. *Багрова Л.А., Гаркуша Л.Я.* Искусственные лесные насаждения в Крыму // Экосистемы, их оптимизация и охрана. 2009. Вып. 20. С. 134–145.

Bagrova L.A., Garkusha L.J. The Artificial Plantings in Crimea. *Optimization and Protection of Ecosystems*, 2009, iss. 20, pp. 134–145. (In Russ.).

3. *Драган Н.А.* Почвенные ресурсы Крыма. Симферополь: Доля, 2004. 209 с.

Dragan N.A. *Soil Resources of Crimea*. Simferopol, Dolya Publ., 2004. 209 p. (In Russ.).

4. *Ипатов В.С., Карикова Л.А., Мирин Д.М.* Геоботаника. СПб.: СПбГУ, 2010. 115 с.

Ipatov V.S., Karikova L.A., Mirin D.M. *Geobotany*. Saint Petersburg, SPbGU Publ., 2010. 115 p. (In Russ.).

5. *Катмаков П.С., Гавриленко В.П., Бушов А.В.* Биометрия. М.: Юрайт, 2025. 186 с.

Katmakov P.S., Gavrilenko V.P., Bushov A.V. *Biometrics*. Moscow, Urait Publ., 2025. 186 p. (In Russ.).

6. *Коба В.П., Жигалова Т.П.* Влияние травоядных животных на возобновление сосны крымской в условиях пустоши горельников // Уч. зап. Таврич. нац. ун-та им. В.И. Вернадского. Сер.: Биология. 2012. Т. 25(64), № 1. С. 92–97.

Koba V.P., Zhigalova T.P. The Influence of Herbivores on the Regeneration of Crimean Pine in the Conditions of Wasteland Burnt Areas. *Uchenye zapiski Tavricheskogo nacional'nogo universiteta im. V.I. Vernadskogo. Seriya: Biologiya*, 2012, vol. 25(64), no. 1, pp. 92–97. (In Russ.).

7. *Коба В.П., Крестьянишин И.А., Коренькова О.О.* Семенная продуктивность и качество семян *Pinus sylvestris* L. в лесных культурах на крымских яйлах // Изв. вузов. Лесн. журн. 2024. № 4. С. 68–80.

Koba V.P., Krest'yanishin I.A., Koren'kova O.O. Seed Production and Seed Quality of *Pinus sylvestris* L. in Forest Plantations on the Crimean Yaylas. *Lesnoy Zhurnal* = Russian Forestry Journal, 2024, no. 4, pp. 68–80. (In Russ.). https://doi.org/10.37482/0536-1036-2024-4-68-80

8. *Коба В.П., Крестьянишин И.А., Швец Ю.П., Ярыш В.Л.* История и некоторые итоги формирования лесных культур на яйлах Горного Крыма // East European Scientific Journal. 2016. Т. 12, № 1. С. 27–32.

Koba V.P., Krest'yanishin I.A., Shvec Yu.P., Yarysh V.L. History and Some Results of Forming Forest Cultures on Yaylas of Mountain Crimea. *East European Scientific Journal*, 2016, vol. 12, no. 1, pp. 27–32. (In Russ.).

9. *Копысов С.Г., Росновский И.Н.* О роли росы в тепловом и водном балансе экосистем // Измерения, моделирование и информационные системы для изучения окружающей среды. Томск: Томский ЦНТИ, 2006. С. 112–116.

Kopysov S.G., Rosnovskij I.N. On the Role of Dew in the Thermal and Water Balance of Ecosystems. *Measurements, Modeling, and Information Systems for Environmental Studies*. Tomsk, Tomskiy TsNTI Publ., 2006, pp. 112–116. (In Russ.).

10. *Костенко И.В., Опанасенко Н.Е.* Сравнительная характеристика горно-лесных и горно-луговых почв Долгоруковской яйлы (Горный Крым) // Почвоведение. 2020. № 7. С. 791–802.

Kostenko I.V., Opanasenko N.E. Comparative Characteristics of Mountain-Forest and Mountain-Meadow Soils of Dolgorukovskaya Yayla (The Crimean Mountains). *Pochvovedenie* = Eurasian Soil Science, 2020, no. 7, pp. 791–802. (In Russ.). https://doi.org/10.31857/S0032180X20070072

11. *Минаев В.Н., Леонтьев Л.Л., Ковязин В.Ф.* Таксация леса. СПб.: Лань, 2022. 240 с.

Minaev V.N., Leont'ev L.L., Kovyazin V.F. *Forest Inventory*. Saint Petersburg, Lan' Publ., 2022. 240 p. (In Russ.).

12. *Нестеров В.Г.* Общее лесоводство. М.: Гослесбумиздат, 1954. 658 с.

Nesterov V.G. *General Forestry*. Moscow, Goslesbumizdat Publ., 1954. 658 p. (In Russ.).

13. *Овчарук В.А., Прокофьев О.М., Тодорова Е.И.* Особенности формирования паводков теплого периода на реках Горного Крыма // Вісник Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна. Серія: Геологія. Географія. Екологія. 2015. Вып. 42, № 1157. С. 99–106.

Ovcharuk V.A., Prokof'ev O.M., Todorova E.I. Features of the Formation of Warm Period Floods on the Rivers of the Mountainous Crimea. *Vestnik Har'kovskogo nacional'nogo universiteta imeni N.V. Kazarina. Seriya: Geologiya, Geografiya, Ekologiya*, 2015, iss. 42, no. 1157, pp. 99–106. (In Russ.).

14. *Позаченюк Е.А., Лукьянова М.Ю.* Водохозяйственный комплекс территории Большая Феодосия как основа устойчивого развития региона // Геополитика и экогеодинамика регионов. 2013. Т. 9, № 2-1. С. 148–159.

Pozachenyuk E.A., Lukianova M.Yu. Great Feodosia Water-Economy Complex as the Base of Region Sustainable Development. *Geopolitika i ekogeodinamika regionov*, 2013, vol. 9, no. 2-1, pp. 148–159. (In Russ.).

15. *Прохоров А.А.* Активная конденсация воды растениями // Принципы экологии. 2013. № 3. С. 72–76.

Prokhorov A.A. Active Condensation of Water by Plants. *Principles of the Ecology*, 2013, no. 3, pp. 72–76. (In Russ.). http://dx.doi.org/10.15393/j1.art.2013.2921

16. *Родин А.Н.* Пособие лесокультурнику. М.: Лесн. пром-сть, 1969. 196 с.

Rodin A.N. A *Manual for Arborist*. Moscow, Lesnaya promyshlennost' Publ., 1969. 196 p. (In Russ.).

17. *Русанов Я.С., Сорокина Л.И.* Лес и копытные. М.: Лесн. пром-сть, 1984. 128 с.

Rusanov Ya.S., Sorokina L.I. *Forest and Ungulates*. Moscow, Lesnaya promyshlennost' Publ., 1984. 128 p. (In Russ.).

18. *Салтыков А.Н., Левченко К.В.* Естественное возобновление сосны крючковатой (*Pinus sylvestris* L. var. *hamata* (Steven)) на яйлах Горного Крыма // Бюл. Гос. Никитск. ботан. сада. 2022. Вып. 144. С. 57–64.

Saltykov A.N., Levchenko K.V. Natural Renewal of the Hamated Pine (*Pinus sylvestris* L. var. *hamata* (Steven)) on the Yailas of the Crimean Mountains. *Bulletin of the State Nikita Botanical Garden*, 2022, no. 144, pp. 57–64. (In Russ.). https://doi.org/10.36305/0513-1634-2022-144-57-64

19. *Троицкий В.А.* Итоги и дальнейшие задачи научно-исследовательских и опытных работ на Крымской яйле // Тр. Гос. Никитск. ботан. сада им. Молотова. 1948. Т. 25, Вып. 1. 81 с.

Troickiy V.A. Results and Further Objectives of Scientific Research and Experimental Work on the Crimean Yayla. *Trudy Gosudarstvennogo Nikitskogo Botanicheskogo Sada imeni Molotova*, 1948, vol. 25, iss. 1. 81 p. (In Russ.).

20. *Чураков Б.П., Чураков Д.Б.* Лесоведение. СПб.: Лань, 2022. 220 с.

Churakov B.P., Churakov D.B. *Forestry*. Saint Petersburg, Lan' Publ., 2022. 220 p. (In Russ.).

21. *Шакун В.В., Панченко Д.В., Соловей И.А., Крищук И.А., Велигуров П., Машков Е., Ларченко А.* Роль оленьих (Cervidae) в формировании сосновых насаждений европейской части южной тайги // Norwegian Journal of Development of the International Science. 2020. № 42-2. С. 13–19.

Shakun V.V., Panchenko D.V., Solovej I.A., Kryshchuk I.A., Velihurau P., Mashkov Ya., Larchenka A. Influence of the Cervidae on the Southern Taiga Pine Forest Formation. *Norwegian Journal of Development of the International Science*, 2020, no. 42-2, pp. 13–19. (In Russ.).

22. Allen C.D., Macalady A.K., Chenchouni H., Bachelet D., McDowell N., Vennetier M., et al. A Global Overview of Drought and Heat-Induced Tree Mortality Reveals Emerging Climate Change Risks for Forests. *Forest Ecology and Management*, 2010, vol. 259, iss. 4, pp. 660–684. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2009.09.001

23. Bose A., Gesesier A., Bottero A., Bolte A. Growth and Resilience Responses of Scots Pine to Extreme Droughts across Europe Depend on Predrought Growth Conditions. *Global Change Biology*, 2020, vol. 26(8), pp. 4521–4537. https://doi.org/10.1111/gcb.15153

24. Juknys R., Vencloviene J., Stravinskiene V., Augustaitis A. Scots Pine (*Pinus sylvestris* L.) Growth and Condition in a Polluted Environment: From Decline to Recovery. *Environmental Pollution*, 2003, vol. 125, iss. 2, pp. 205–212. https://doi.org/10.1016/S0269-7491(03)00070-8

25. Linares J.C., Camarero J.J., Carreira J.A. Interacting Effects of Changes in Climate and Forest Cover on Mortality and Growth of the Southernmost European Fir Forests. *Global Ecology and Biogeography*, 2009, vol. 18, iss. 4, pp. 485–497. https://doi.org/10.1111/j.1466-8238.2009.00465.x

26. McDowell N., Pockman W.T., Allen C.D., Breshears D.D., Cobb N., Kolb T., et al. Mechanisms of Plant Survival and Mortality during Drought: Why Do Some Plants Survive while Others Succumb to Drought? *New Phytologist*, 2008, vol. 178, iss. 4, pp. 719–739. https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2008.02436.x

27. Millar C.I., Stephenson N.L., Stephens S.L. Climate Change and Forests of the Future: Managing in the Face of Uncertainty. *Ecological Applications*, 2007, vol. 17, iss. 8, pp. 2145–2151. https://doi.org/10.1890/06-1715.1

28. O'Reilly-Wapstra J.M., Moore B.D., Brewer M., Beaton J. *Pinus sylvestris* Sapling Growth and Recovery from Mammalian Browsing. *Forest Ecology and Management*, 2014, vol. 325, pp. 18–25. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2014.03.038

29. Taeger S., Zang C., Liesebach M., Schneck V., Menzel A. Impact of Climate and Drought Events on the Growth of Scots Pine (*Pinus sylvestris* L.) Provenances. *Forest Ecology and Management*, 2013, vol. 307, pp. 30–42. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2013.06.053

30. Vacek S., Vacek Z., Bílek L., Simon J., Remeš J., Hůnová I. et al. Structure, Regeneration and Growth of Scots Pine (*Pinus sylvestris* L.) Stands with Respect to Changing Climate and Environmental Pollution. *Silva Fennica*, 2016, vol. 50(4), pp. 4–10. https://doi.org/10.14214/sf.1564

31. Vicente-Serrano S.M., Quiring S.M., Peña-Gallardo M., Yuan S., Domínguez-Castro F. A Review of Environmental Droughts: Increased Risk under Global Warming. *Earth-Science Reviews*, 2019, vol. 201, art. 102953. 85 p. https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2019.102953

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов
Conflict of interest: The authors declare no conflict of interest

Вклад авторов: Все авторы в равной доле участвовали в написании статьи
Authors' Contribution: All authors contributed equally to the manuscript